

农学专业試用教材

# 农业微生物学

土化教研組

山西农学院

一九七四年二月

# 目 录

前言	1
第一章 微生物的形态	3
一、细菌	3
二、放线菌	12
三、真菌	14
第二章 微生物生理及其生活条件	21
一、微生物的营养	21
二、微生物的代谢	27
三、外界环境条件对微生物的影响	34
第三章 微生物在物质转化中的作用	44
一、微生物在碳素转化中的作用	44
二、微生物在氮素转化中的作用	55
三、微生物在硫素转化中的作用	66
四、微生物在磷素转化中的作用	68
五、微生物在钾素转化中的作用	70
第四章 微生物在农业生产上的应用	71
一、微生物肥料	71
二、植物生长刺激素	86
三、微生物农药	97

## 前 言

微生物学也和其他科学一样，它与工农业、医学卫生等都有着广泛的联系，因此它与人类的关系极为密切。它是生物科学的一部分。

农业微生物既是农业科学的基础课，也是一门实际应用的学科。人们通过对各类微生物形态的认识，进而研究它们的生命活动规律，培养和控制它朝着有利于农业生产的方向发展。防止和减少其有害作用的发生，这是农业微生物学的基本任务。

中华民族是一个伟大的民族，“中国是世界文明发达最早的国家之一。”农业微生物学也和其他科学一样，是我国劳动人民，在长期的生产实践斗争中逐步认识，并不断发展起来的一门新兴科学。世界上最早认识和应用微生物的是我国劳动人民。早在四千年前，我国已经知道利用它来酿酒；二千五百年前，就能作醋制酱；一千五百年前已发现种过豆科作物的土壤特别肥沃，并且能用积肥、沤肥、翻土、轮作等方法来控制微生物的活动，提高作物产量。由此可见，我国劳动人民早已在农业微生物的利用方面积累了丰富的经验，但在旧社会这些宝贵的经验根本得不到应有的重视，更谈不上有所发展，所以长期以来微生物学始终处于无人关心和落后的状态。

解放后，在共产党毛主席的英明领导下，我国农业微生物的发展是很快的，首先是根瘤菌剂的应用在大豆、花生、绿肥等作物上获得了增产效果。随后又研制成功了“5406”、固氮菌、磷细菌等菌肥，赤霉素的生产和应用也已开始。农业发展纲要中也明文提出“积极发展细菌肥料”。1958年大跃进中，在全国范围内，广大贫下

中农掀起了研究和应用农业微生物的热潮，农业微生物知识得到了广泛传播，初步发挥了它在农业生产上的作用。可是刘少奇一伙反革命修正主义分子，竭力进行干扰和破坏，大力推行“洋奴哲学”、“爬行主义”等修正主义黑货，将已兴起的群众性的农业微生物学科学活动封锁在高楼深院里，使之脱离无产阶级政治，脱离农业生产实际。

自伟大领袖毛主席亲自领导和发动的无产阶级文化大革命以来，广大革命群众，彻底批判和粉碎了刘少奇一类政治骗子的反革命修正主义路线，破除迷信，解放思想，在三大革命实践中，敢于革命，使农业微生物从此又获得了新生，并取得了显著的成绩。

中国人民解放军某部，首先创造出中齿发酵饲料，为发展养猪事业作出了重大贡献。赤霉素（九二〇）、“5406”抗生菌肥、杀螟杆菌、鲁保一号、春雷霉素、核苷酸（七〇二）等多种微生物制剂的研制成功和应用，在刺激作物生长，增施肥料和提高肥效、防治病虫害，提高作物产量上起着重要作用。

1971年以来，在全国应用微生物展览会的推动下，各地区协同工作，积极发掘我国微生物资源，一个向微生物刺激素、微生物肥料、微生物农药进军的群众性大搞农业微生物的新高潮又已掀起，农业微生物必将在农业生产中起着积极的作用。

喜看今日，展望未来，在毛主席的无产阶级革命路线指引下，团结起来，在党的十大精神鼓舞下，牢记毛主席关于“千万不要忘记阶级斗争”的教导，“认真看书学习，弄通马克思主义”积极参加三大革命实践。农业微生物这一新兴科学，也将和其他科学一样，必将为我国社会主义革命和社会主义建设开放出灿烂的花朵，结出丰硕的果实。

## 第一章 微生物的形态

地球上的生物可分为三界，即植物界和原生物界（或微生物界）。<sup>Y</sup>微生物包括原生动物、藻类、<sup>动物界</sup>真菌、粘菌、兰藻、裂殖菌、立克次氏体和病毒。原生动物、藻、真菌和粘菌为高级微生物，裂殖菌、兰藻和立克次氏体为低级微生物；病毒为非细胞微生物。所谓高级微生物是因它们含有象高等动植物一样的具体的细胞核，且有核膜、核仁和染色体。而低级微生物则无具体的细胞核。病毒没有具体的细胞结构，而因为目前还不能说它是否是最原始的生物，所以又称病毒为非细胞微生物。

微生物的个体很小，是一种非细胞的，单细胞的和不表现组织分化的多细胞的生物。这类生物一般多是肉眼所不能见的，这类生物大都要在显微镜和超显微镜下才能看见。

微生物还具有分布广、种类多、繁殖快和容易发生变异等特点。为了叙述方便，下面就几种常见的主要微生物分别加以介绍：

### 一、细菌：

细菌属裂殖菌纲中的一大类群的微生物。在自然界中的种类异常繁多，和人类生活的关系极为密切，被人类利用的范围日益扩大，它在工农业及医药食品工业上已被广泛应用。

#### (一)、细菌的菌落特征：

细菌在培养基上生长繁殖，形成大量个体并集结在一起，所形成的肉眼可见的细菌集团叫菌落。细菌的菌落多数是表面光滑、湿润、半透明或不透明的，有些还具有各种颜色。但也有些细菌表面干燥、

有皱折。细菌菌落一般都比较小，且其菌体与培养基结合不紧，用针很容易将菌挑起。细菌菌落表面凸起或不凸起，边缘整齐或呈锯齿状等。以上菌落特征是细菌鉴定的依据之一。如：因褐色固氮菌在阿须贝无氮培养基上的菌落特征为：粘稠成糊状，有凸起，表面光滑，边缘整齐，初为无色透明，培养后期能产生暗褐色素，但不渗入培养基中。

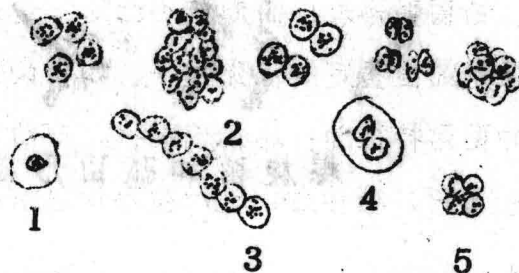
#### 体

细菌在液培养基中生长繁殖时，由于细菌的运动性，一般呈分散状态，但是由于细菌的生活习性不同，也表现不同的形态，有的呈均匀的混浊液，有的产生沉淀，有的能产生气泡，有的在液体表面产生菌膜，有的还能形<sup>絮</sup>状物，有的能使菌液产生不同的颜色。以上这些现象在细菌鉴定上也不可忽视。

#### (二) 细菌个体的形态：

细菌是单细胞的微生物。其形状表现为各种各样，而且常因生活条件的不同而改变。但是就其细菌的某一个种来说，在相对稳定的环境条件下其形状是固定的。其基本形状为球状，杆状及弧状，我们分别把它们叫做球菌、杆菌及弧菌或螺旋菌。

1、球状菌：细菌呈球状或扁圆状。根据其分裂方向的不同可成各型排列。细菌在一个垂直面分裂后如单独存在的为单球菌，如尿素小球菌。两个细胞成对排列的为双球菌，如肺炎双球菌。分裂后许多细菌成串连在一起的为链球菌，如乳酸链球菌。如分裂后细菌聚集在一起形似一串<sup>葡萄</sup>球菌，如金黄色葡萄球菌。球菌成垂直分裂变四个菌连在一起的为四联球菌，如四联小球菌。如向三个垂直面分裂并八个菌连在一起呈立方形的，为八迭球菌，如尿素八迭球菌。如下图：



球菌的各种形态

- 1、细球菌； 2、葡萄球菌； 3、链球菌；  
4、双球菌； 5、四联球菌及八迭球菌。

2、杆状菌：各种杆状菌的大小显著差异。有些杆菌长而呈圆柱状，为长杆菌。有些则短而粗，为短杆菌。杆菌两端有的平截，有的略尖。以上特征常作菌种鉴定的依据。杆菌可以单生或排列成长或短的链，有些杆菌在不同的发育阶段中出现变形体。如下图：



各种杆菌形态

3、孤菌：菌细胞略变呈弓形的为孤菌，如霍乱孤菌。细胞变曲度超过一圈呈螺旋状的为螺旋菌，如小螺菌。如下图：



螺旋菌和球菌形态

细菌的形状与温度，培养年令，培养基浓度和成分等环境因子有关。各种细菌在幼年时期和适宜的培养条件下，表现正常的形态。当培养条件改变或菌体变态时，时常产生变形体。但当移至适宜条件下培养成幼令菌体时，又能恢复为原来的形状。

### (三)、细菌的体积和大小：

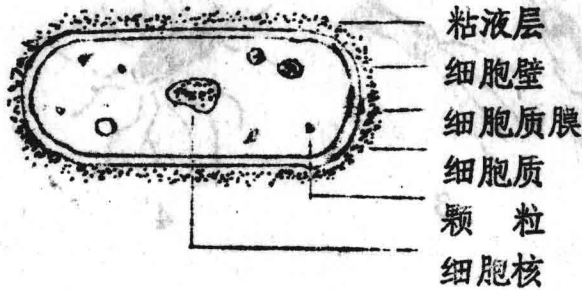
测量细菌大小的单位为微米( $\mu$ )，1微米=1/1000毫米，球菌的直径约为0.2—1.25微米。大型杆菌一般为1—1.25×3—8微米；中型杆菌为0.5—1×2—3微米；小型杆菌为0.2—0.4×0.7—1.5微米。弧菌的体积为0.3—0.5×1—5微米；螺旋菌的体积为0.3—1×1—50微米。

细菌的重量约等于 $1 \times 10^{-9}$ — $10^{-10}$ 毫克。细菌体积虽小，但其表面积很大。表面积大有利细胞吸收营养和加强新陈代谢。常用表面积与体积的比值来表示生物新陈代谢的活跃性，比值愈大，新陈代谢力愈强。如乳酸杆菌的表面积与体积的比值为120000，鸡蛋为1.5，而一个75公斤重的人仅为0.3。一个乳酸杆菌一小时所产生的乳酸约为其体重的1000—10000倍，而一个人要想得到1000倍于其体重的糖代谢物将需40多年。

### (四)、细菌细胞的构造



细菌细胞包括细胞壁、细胞质膜、细胞质和各种内含物，有的细菌外部有鞭毛或荚膜，有的细菌在细胞内可形成内孢子。如下图：



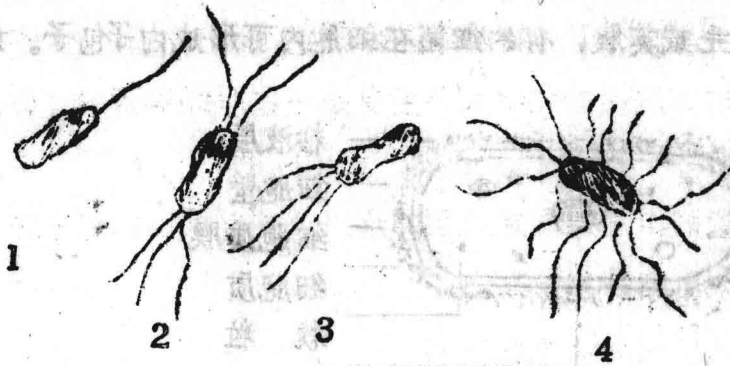
细菌细胞的结构

1. 鞭毛：某些细菌具有一种纤细如线状的细胞附着物，称鞭毛。其长度可超过菌体若干倍。有的长达70  $\mu$ ，而其直径仅约0.01—0.05  $\mu$ 。这样的幅度已超过光学显微镜的可见度，因此需用特殊的鞭毛染色技术才能看到。

鞭毛是细菌的运动器官。它通常作旋转和波状运动而使菌体前进。细菌一般在液体中运动但某些菌（如变形杆菌属的一些种）也能在固体培养基表面薄层水膜内运动，并迅速蔓延到整个培养基表面。幼年菌体活力强能运动，衰老细胞鞭毛易脱落而不能运动。

菌种不同鞭毛着生位置及数量也不一样，如大肠杆菌具周身鞭毛。而红色螺旋菌菌体两端各有一束鞭毛，绿浓假单胞杆菌则两端各具一根鞭毛，而荧光假单胞杆菌仅有一根鞭毛生在菌的一端。鞭毛单生或成束着生在菌体的顶端的鞭毛叫极生鞭毛。

鞭毛的产生被认为是细菌生存适应的产物。它是由弯曲的原生质丝。通过细胞壁向外突出延长而成。如下图：



各种鞭毛类型

### 2、荚膜:

某些细菌在其细胞壁外部可形成荚膜。荚膜是一层疏松透明的胶状物质，粘度极大，厚度可达 $200\mu$ 。荚膜折光指数低，用特殊的荚膜染色法才视见。荚膜是细胞的附着物，将它移去并不影响细胞的生存。

荚膜约含90%的水分。其化学成分为多糖或多肽的聚合物。荚膜的形成受环境条件的影响，在含糖量高的培养基中易产生荚膜。而且荚膜的产生也受遗传特性控制，因此有有荚膜细菌和无荚膜细菌之分。

荚膜的形成能加强细菌的致病力，并能抵抗白血球的吞噬作用。荚膜又是物质的贮存库，当营养缺乏时又被细菌利用。有荚膜之细菌也比较耐干燥。

### 3、细胞壁:

细胞壁是细胞的一个主要结构。可被认为是细菌菌体的外膜。细胞壁约占细胞重量的10—20%。它比较坚韧而赋有弹性，所以细

菌能保持其固有的形状，而又能伸长或弯曲。经浓盐溶液处理后，细胞壁与原生质体分开，再用结晶紫染色可看到细胞壁的存在。

细菌的细胞壁的化学成分主要是一些非纤维素的多糖，拟脂及几丁质等物质。

细胞壁的作用是固定细菌外形，抵抗膨压以保护菌体。此外，对物质的出入也起一定作用。

#### 4. 细胞质膜及原生质体：

细胞质膜是原生质体外的~~层~~薄膜厚约5—8  $\mu$ 。细胞经轻度质壁分离后用胜利兰可将细胞质膜染成深兰色。

细胞质膜是一种半透性膜，由蛋白质和类脂物质构成，对物质的吸收<sup>具</sup>选择性，因此在吸收营养物质方面起重要作用，并可调节菌体内与环境间的平衡，控制细胞内物质的出入。在革兰氏阳性 ( $G^+$ ) 细菌的细胞质膜内发现存在着多种酶，特别是涉及能源的生物氧化作用的酶。

原生质体是包含在细胞质内的一些胶状物质，主要是核质及内含体。原生质体在幼嫩细胞中稠密、均匀、易染色且着色均匀。对碱性染料着色力强。

#### 5. 细胞核：

细菌的细胞核大都存在于静细胞的中央部分。一般呈球状、卵圆状或杆状。当细胞生长活跃时，核沿细胞长度方向分裂。核分裂在细菌分裂之前进行。

细菌的核与高等植物的核不同，它没有核膜也没有可见的染色体，细菌的核不是一个具体的结构，因此，细菌的核实际上是一个染色质体。

细菌细胞核的重要成分为脱氧核糖核酸 (DNA) 和核糖核蛋白紧密联系成为一个海绵状的基本结构。它无染色体, 但是有类似高等植物的基因结构。细胞核是细菌传递遗传性的器官。

6、细胞内含物: 细胞中的内含物是指除原生质以外的一些物质。其中有些是细菌的贮藏物质, 如异染体、淀粉粒、脂肪滴等, 有些是细菌的代谢产物。内含物在细菌细胞中的积累和消失与环境中营养的多少有关。在较老的菌细胞中贮藏物较多。

7、细菌的芽子包: 某些细菌在其生活的一定阶段, 于营养细胞内可以形成一个内生子包子, 称为芽子包。芽子包成熟后可脱落出来。能形成芽子包的细菌主要是杆菌, 统属芽子包杆菌科, 此外某些弧菌、螺旋菌属和球菌中的八迭球菌也能形成芽子包。

芽子包呈圆形、椭圆形或短圆筒形, 芽子包壁较厚, 具高度折光性。各种细菌的芽子包在其营养细胞内均占一定的部位。可位于细胞中央, 顶端或中央和顶端之间。若芽子包位于中央且芽子包大于细胞杆菌, 则细胞呈梭状, 如梭状芽子包杆菌。若芽子包位于顶端且其直径大于细胞直径时, 则细胞呈鼓槌状。芽子包小于细胞直径则细胞不变形, 如枯草杆菌、蜡状芽子包杆菌等。各种细菌芽子包的位置、体积和形状相当稳定, 是菌种鉴定的依据之一。

芽子包形成的条件还不很清楚, 但认为芽子包的形成与温度、营养物质及其本身代谢物的积累有关。芽子包是细菌生活史中的一个休眠器官。它能保存多年而不丧失其活力。芽子包的代谢活力低。含有少量的酶, 所以芽子包是高度抵抗不良环境的能力。芽子包具高度的抗热性。细菌的营养细胞在  $80^{\circ}\text{C}$  中几分钟就死亡, 而芽子包则不然, 它在  $121^{\circ}\text{C}$  中经半小时才死亡。

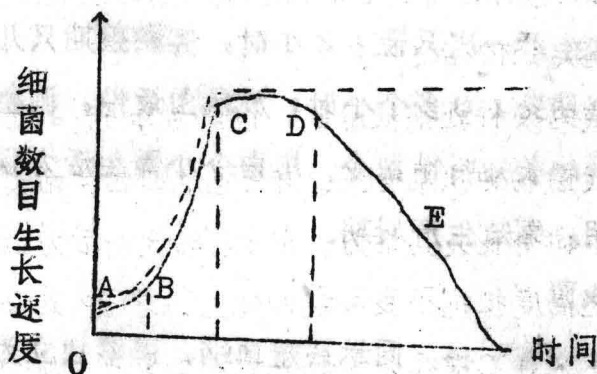
芽子包内含吡啶2·6-二羧酸(DPA), 可占细胞干重的5—15%而营养细胞内则无此物质。当芽子包萌发时释放出DPA, 其耐热力也就丧失。因此看来, DPA可能与芽子包的耐热力有关。芽子包还可耐干燥和化学药物。芽子包壁厚不透水与耐不良条件有关。

芽子包在适合条件下能萌发成菌体。芽子包不是一个繁殖器官, 一个细胞只形成一个芽子包, 一个芽子包也只能萌发成一个营养细胞。

#### (四)、细菌的繁殖与生长曲线

细菌的繁殖方法是裂殖法。即由一个细胞分裂成两个细胞。

细菌繁殖的速度很快, 在适宜的环境条件下, 每20—30分钟就能分裂一次, 繁殖一代。从理论上讲, 一个细胞在40小时内, 其重量可达18841.6吨。但在实际上, 细胞的繁殖受许多因子的限制, 不可能按理想的速度进行繁殖。诸如营养的缺乏, 空气的有无, 水分的多少, 温度的高低, 酸碱度的大小, 阳光的照射, 原生动物的危害, 以及它本身代谢物质的积系, 都影响细菌繁殖的速度, 甚至使细菌全部死亡。我们将一定量的细菌接种到适宜的培养基内, 观察到的细菌繁殖情况, 并不是按理想的速度进行繁殖的, 而是按照下列图式进行繁殖以至死亡的。见下图:



上图即所谓生长曲线。这条曲线代表了细菌繁殖的一般规律。按其生长不同时间，可以分为四个阶段：

(1)、调整期又叫(缓慢期，即图A—B)：这个时期的微生物刚接入新培养基中，细胞内各种酶系要有一个适应过程，所以开始并不繁殖，以后繁殖速度才逐渐加快。

(2)、生长旺盛期亦叫对数生长期(图B—C)；细胞经一个时期调整后，以最快的速度进行繁殖，细胞数目大量增加，这时细胞内的生理活动也最旺盛。

(3)、平衡期又叫静止期(图C—D)；细胞经一定时间大量繁殖后，培养基中的养料逐渐被消耗，不利的代谢产物(水 $CO_2$ ，)有机酸等)也逐渐增多，细胞繁殖速度逐渐变慢，死亡细胞逐渐出现，因而表现在一定时期内繁殖速度与死亡速度相对平衡的状态。这一阶段细胞内积累的代谢产物逐渐增多，这是发酵产物生成的重要时期。

(4)、衰老期(图D—E)；由于培养基中营养物质显著减少，代谢产物排出，PH值也随之变化，因而此时细胞繁殖速度越来越慢，而死亡细胞却不断增多。

微生物生长的四个阶段的长短因菌种不同差别很大，例如：酵母菌繁殖快，大生产一次只需12小时，其调整期只几个小时，而霉菌繁殖慢，调整期要10多个小时；放线菌最慢，调整期较长。我们通常将培养时间的长短叫作菌令。用菌令小而生活力强的菌种接种生产，可缩短调整期，缩短生产周期。

## 二、放线菌

放线菌和细菌一样，同于裂殖菌纲，而单独立为放线菌目。

放线菌的菌落常呈辐射状，因此称谓放线菌。它们大都是腐生菌，

少数是寄生菌。腐生型放线菌在自然的物质转化中起一定作用。寄生型放线菌诱发动植物病害。

放线菌是生产抗菌素的最重要微生物。能产生抗生素的放线菌种类很多。放线菌种类不同所产生的抗菌素也不一样。

放线菌在自然界的分布极为广泛。在高山和海洋中都有它们的存在。土壤、空气和食物内都有，尤其是土壤中，无论是数量和种类都最多。而土壤性质、作物种类、生长季节及土壤肥力情况等条件均影响土壤内放线菌的数量。一般在富含有机质的偏碱性土壤中放线菌含量丰富。

#### (一)、放线菌的菌落特征：

放线菌的菌落与细菌菌落相比有明显的差异。其菌落大小介于细菌和霉菌之间。放线菌菌落表面呈紧密的绒毛状，坚实多皱。其一部分菌丝伸入培养基内，和培养基结合紧密，所以用针不易将菌丝挑取。

放线菌菌落一般为圆形，光平或有許多皱折和地衣状。菌落周缘有辐射生的菌丝。当放线菌长孢子后就成粉末状。菌丝和孢子可有各种不同色素。

放线菌的革兰氏染色反应几乎都呈阳性，仅偶尔呈阴性。

#### (二)、放线菌的个体形态特征：

放线菌的菌体为单细胞，最简单的为杆状或原始菌丝，如分枝杆菌。大部分放线菌的菌丝由分枝的菌丝组成。菌丝没有横膈，所以是单细胞的。菌丝很细，宽度与普通杆菌相似，内部结构也和细菌相似，没有明显的细胞核结构。菌丝或菌体无鞭毛，不能运动。

放线菌的菌丝有基内菌丝与气生菌丝之分。基内菌丝匍生于培养基表面和基质内，以吸收营养物质，因此亦称营养菌丝。基内菌丝

伸入基质内与基质结合紧密，所以不易将菌丝挑取。其内菌丝产生各种水溶性、和非水溶性色素，因此菌落生长呈白或乳酪色到棕色，或呈黄、红、橙绿、兰等色。色素的产生和培养基成分有关。

气生菌丝生长在营养菌丝上面。它可能盖满整个菌落表面，呈棉絮状，粉状或颗粒状。气生菌丝的顶端产生子孢子丝，其上产生子孢子。各种放线菌的子孢子丝形态不一，有呈螺旋形的，螺旋转数常为5—10转，顺时针或逆时针旋转。有呈弯曲状或直状的。一般情况下，子孢子丝的形状较稳定。见下图：

放线菌主要以子孢子繁殖。子孢子呈球形、卵圆形或圆筒形。气生菌丝由于密集大量子孢子，而呈白、灰、橙、红或绿等不同颜色。

在放线菌的菌丝和子孢子内都未看到具体形状的细胞核，但含有核物质。因此放线菌和细菌都是原核型微生物，而真菌是真核型微生物。

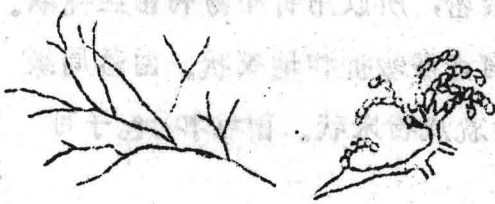
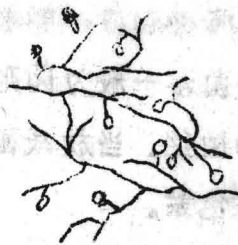


图 放线菌个体形态



小孢子菌形态

### 三、真菌：

真菌是一群形态和习性差别很大的微生物。真菌大都为多细胞有分枝的丝状体，少数为单细胞的个体。主要以子孢子繁殖。真菌的生活史复杂，在不同阶段形成各种不同的子孢子，包括无性和有性子孢子。在营养上真菌属异养型生物，需要靠有机物维持生活，因此它们



是腐生、寄生或兼性腐生生物。

真菌在自然界中分布极广。它们存在于土壤、水、大气和生物体内外。其活动也是多方面的，例如转化土壤中的有机物质、发酵作用、食品加工、诱发动植物病害等。

### (一)、真菌的一般形态：

低等真菌构造简单，整个菌体仅是一个单个细胞，其营养与繁殖都由此细胞来完成。大多数真菌菌体为多细胞组成，有营养器官和繁殖器官之分。

#### 1、营养器官：

构成真菌营养体的基本单位为菌丝。菌丝是一种管状组织，大都无色透明或含有色素。菌丝细胞外面有细胞壁、内有细胞质、细胞核及内含物。见下图：

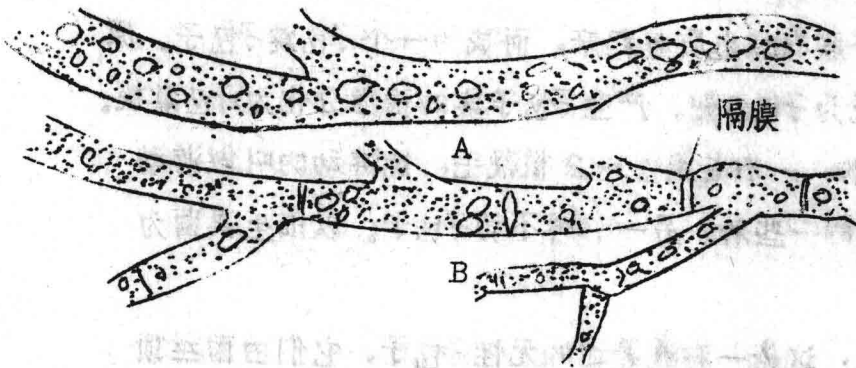


图 营养菌丝

A、无隔菌丝的一部分；B、有隔菌丝的一部分；

菌丝可以无限制伸长和产生分枝。分枝的菌丝相互交织在一起形成菌丝体。菌丝有隔膜或没有隔膜。有些真菌如酵母菌不形成菌丝，